

储能系统在可再生能源中的集成与优化策略

赵倍晨 陶凌玥 李玫润 范仲昊 张桓瑞
华能(甘肃)新能源有限公司 甘肃 兰州 730000

摘要: 随着全球能源转型的加速,可再生能源在能源结构中的比重日益增加。然而,可再生能源的间歇性和不稳定性给电力系统带来了巨大挑战。储能系统作为平衡供需、提高能源利用效率的关键技术,在可再生能源的集成与优化中发挥着重要作用。本文通过分析可再生能源的特点与挑战,探讨储能系统在可再生能源中的集成策略与优化方法,以期对相关领域的研究和应用提供参考。

关键词: 储能系统; 可再生能源; 集成; 优化

引言

可再生能源如太阳能、风能等具有清洁、可持续等优点,但其间歇性和不稳定性限制了其大规模并网应用。储能系统通过储存过剩的电能并在需要时释放,能够有效解决这一问题,提高可再生能源的利用率和电网的稳定性。因此,研究储能系统在可再生能源中的集成与优化策略具有重要意义。

1 储能系统概述

储能系统,作为一种先进的能源管理技术装置,其核心功能在于将电能或其他形式的能量有效地存储起来,并在电力需求高峰或能源供应不足时及时释放,以确保能源的持续稳定供应。这一技术装置在能源领域扮演着至关重要的角色,它不仅有助于平衡能源的供需关系,还能显著提高能源的整体利用效率,进一步增强电网的稳定性和可靠性。储能系统的分类多种多样,根据其应用场景和技术特性的不同,主要可以划分为物理储能、化学储能和电磁储能这三大类。物理储能方式,如抽水蓄能、压缩空气储能等,利用物理原理进行能量的存储与释放;电磁储能,如超导磁储能、超级电容器等,则依赖于电磁场来储存能量。而在化学储能领域,锂离子电池凭借其高能量密度、长循环寿命以及相对较低的成本,逐渐脱颖而出,成为当前储能市场的主流选择。

2 可再生能源的特点与挑战并存

可再生能源,如太阳能和风能,以其清洁、可再生的特性,被视为未来能源体系的重要组成部分。然而,这些能源也具有明显的间歇性和不稳定性。太阳能的发电效率受天气和日照时间的影响,而风能的输出则随风速的波动而变化。这种特性使得可再生能源在并网过程中面临诸多挑战。电力输出的波动大和难以预测性,是可再生能源并网时必须解决的问题。当可再生能源发电量突然增加或减少时,可能会对电网的频率和电压造成

冲击,影响电力系统的正常运行,甚至导致其他用户的用电受到影响。因此,如何有效地管理和调度可再生能源,确保其稳定并网,成为当前能源领域亟待解决的技术难题。储能系统的应用,为解决这一问题提供了有效的途径。

3 储能系统在可再生能源中的集成策略

3.1 集中式集成

3.1.1 应用场景

集中式集成策略主要适用于以下场景:一是电网侧储能:在电网负荷高峰或可再生能源发电不足时,集中式储能系统可以向电网释放电能,平衡电力供需,提高电网的可靠性和稳定性。二是大型可再生能源电站:集中式储能系统可以为大型风力发电站、光伏电站等提供配套储能,解决可再生能源发电的间歇性和不稳定性问题。

3.1.2 方式方法

(1) 储能设备选型与配置

根据应用场景的需求,集中式储能系统通常采用锂离子电池、钠硫电池或抽水蓄能等技术。锂离子电池因其高能量密度、长循环寿命和快速响应特性而成为首选。储能系统的容量和功率配置需根据电网的负荷特性和可再生能源发电的预测数据进行精确计算。例如,在电网侧储能项目中,需考虑电网的日负荷曲线、年负荷曲线以及可再生能源发电的历史数据和预测数据,以确定储能系统的最佳容量和功率。

(2) 储能系统与电网的连接

在远距离传输电能时,集中式储能系统可能采用高压直流输电(HVDC)技术与电网相连。HVDC技术可以减少电能传输过程中的损耗,提高传输效率。储能系统与电网之间需配置适当的电力电子设备,如双向DC/AC变流器、开关设备等^[1]。这些设备可以实现电能的双向流动,使储能系统既能吸收电网中的电能,也能向电网释

放电能。

(3) 储能系统的运行与管理

集中式储能系统需配备先进的EMS系统，以实时监控储能系统的状态、优化充放电策略、提高系统运行效率。EMS系统可以根据电网的负荷需求、可再生能源的发电情况以及电价信号等因素，自动调整储能系统的充放电功率。通过物联网技术，集中式储能系统可以实现远程监控和维护。运维人员可以实时查看储能系统的运行状态、故障诊断信息，并进行远程操作和维护，提高运维效率。

3.2 分布式集成

3.2.1 应用场景

分布式集成策略主要适用于以下场景：一是分布式可再生能源发电：如家庭屋顶光伏、小型风力发电等，分布式储能系统可以平滑这些发电设施的功率输出波动，提高电网的接纳能力。二是工商业用户侧：分布式储能系统可以为工商业用户提供备用电源、需求响应等服务，降低用户的电费支出，提高能源利用效率。

3.2.2 方式方法

(1) 储能设备选型与配置

根据应用场景的需求，分布式储能系统通常采用锂离子电池、铅酸电池或超级电容器等技术。锂离子电池因其高能量密度、长循环寿命和快速响应特性而成为首选。对于需要高功率输出的应用场景，超级电容器也是一个不错的选择。分布式储能系统通常采用模块化设计，便于扩展和升级。每个储能模块都具备独立的控制和管理功能，可以根据实际需求进行灵活配置。

(2) 储能系统与发电系统/用户负荷的连接技术细节

微电网技术：在分布式可再生能源发电系统中，分布式储能系统可以与发电系统、用户负荷以及其他分布式能源（如燃料电池、柴油发电机等）组成微电网。微电网可以实现电能的自给自足和余电上网，提高能源利用效率。

智能逆变器技术：分布式储能系统通过智能逆变器与发电系统/用户负荷相连。智能逆变器可以实现电能的双向流动、最大功率点跟踪（MPPT）以及孤岛检测等功能，确保分布式储能系统的安全、稳定运行。

(3) 储能系统的运行与管理

分布式储能系统需配备先进的DERMS系统，以实时监控储能系统的状态、优化充放电策略、提高系统运行效率。DERMS系统可以与发电系统、用户负荷以及其他分布式能源进行信息交互和协同优化，实现电能的智能分配和管理^[2]。分布式储能系统既支持本地控制也支持远

程监控。用户可以通过本地控制面板或手机APP对储能系统进行实时监控和操作；同时，运维人员也可以通过远程监控平台对储能系统进行远程监控和维护。

4 储能系统在可再生能源中的集成应用

4.1 平滑电力输出

当风力或光照强度发生变化时，储能设备能够迅速响应，吸收多余的能量或将储存的能量释放出来，从而平滑可再生能源的电力输出，减少波动。例如，在光伏电站中配置适当的储能装置后，可以通过控制策略使输出功率更加平稳，减少对电网的冲击。

4.2 调峰填谷

储能系统可以在用电低谷期存储能量，在高峰时期释放，平衡电网负荷，减少对传统化石燃料发电站的依赖。这种调峰填谷的作用有助于优化电网运行，提高能源利用效率。

4.3 提供辅助服务

储能系统可以参与调频、调峰等辅助服务，进一步增强电力系统的稳定性。在电网发生故障或异常情况时，储能系统还可以作为备用电源，为重要负荷提供电力支持。

4.4 提高可再生能源消纳水平

储能系统能够显著提高风、光等可再生能源的消纳水平，支撑分布式电力及微网的发展。通过储能系统的集成应用，可以更好地实现可再生能源的大规模开发和利用。

5 储能系统在可再生能源中的优化方法

5.1 电池组优化配置

电池组是储能系统的核心组件，其配置方式直接影响系统的功率密度、响应速度和使用寿命。为了优化电池组的性能，首先需要从电池单体的选择入手。应选用高能量密度、长循环寿命、低自放电率的电池单体，如锂离子电池、钠硫电池或固态电池等。这些电池单体具有优异的电化学性能，能够满足储能系统对高能量和高功率的需求。在电池组的组合方式上，通过合理的并联和串联组合，可以提高系统的功率密度和响应速度。并联组合可以增加电池组的容量，提高储能系统的能量存储能力；而串联组合则可以提高电池组的电压，增加系统的功率输出。在实际应用中，需要根据储能系统的具体需求，综合考虑并联和串联的组合方式，以达到最优的配置效果^[3]。此外，电池单体均衡技术和管理策略也是电池组优化配置的重要环节。电池单体在制造过程中存在微小差异，以及在使用过程中受温度、充放电历时等因素的影响，导致电池单体之间的性能存在差异。这

种差异如果不加以管理,会导致部分电池单体过充或过放,从而缩短电池组的使用寿命。因此,需要采用先进的电池单体均衡技术,如主动均衡和被动均衡等,来确保电池单体之间的电量和电压保持一致。同时,制定合理的电池管理策略,如充放电保护、温度控制等,以延长电池组的使用寿命和提高系统的可靠性。

5.2 充放电控制策略优化

充放电控制策略是储能系统运行的关键,直接影响系统的能量利用效率和响应速度。为了优化充放电控制策略,首先需要准确预测可再生能源的发电量和电网的负荷需求。这可以通过建立可再生能源发电预测模型和电网负荷预测模型来实现。利用历史数据和实时数据,通过机器学习等先进技术,对模型和算法进行训练和优化,以提高预测的准确性和可靠性。基于准确的预测结果,可以制定智能化的充放电控制策略。例如,采用分时段充电策略,根据可再生能源的发电量和电网的负荷情况,合理安排充电时间和充电功率,以避免在电网负荷高峰时段进行大量充电,减轻电网的压力。同时,采用分阶段放电策略,根据电网的负荷需求和可再生能源的发电情况,灵活调整放电功率和放电时间,以确保电网的稳定运行和可再生能源的最大化利用。此外,还可以通过引入机器学习等先进技术,实现对充放电控制策略的持续优化和自适应调整。机器学习算法能够根据实时数据和历史数据,自动学习和优化充放电控制策略,以适应不断变化的可再生能源发电和电网负荷情况。通过不断优化和调整充放电控制策略,可以提高储能系统的能量利用效率和响应速度,降低系统的运行成本。

5.3 系统集成与通信技术优化

系统集成与通信技术是储能系统与可再生能源发电系统、电网系统之间实现高效协同的关键。为了优化系统集成与通信技术,首先需要研究先进的通信方式,如无线通信、光纤通信等。无线通信具有灵活性强、部署方便等优点,适用于分布式储能系统的通信需求;而光纤通信则具有传输速度快、带宽大、抗干扰能力强等优点,适用于大型储能系统的通信需求。在系统集成方面,需要建立统一的数据标准和接口规范,实现储能系统与可再生能源发电系统、电网系统之间的高效数据共享和协同处理。通过数据共享和协同处理,可以实时获取可再生能源的发电量、电网的负荷需求等信息,为充放电控制策略的制定提供准确的数据支持^[4]。同时,为了保障数据传输的可靠性和安全性,需要采用加密技术、抗干扰技术等手段。加密技术可以确保数据在传输过程

中不被窃取或篡改;抗干扰技术则可以提高通信系统的抗干扰能力,确保数据在恶劣环境下仍能稳定传输。通过优化系统集成与通信技术,可以提高储能系统的运行效率和可靠性,降低系统的运维成本。

5.4 建模与仿真优化

建模与仿真是储能系统设计和优化的重要手段。通过建立储能系统的物理模型和数学模型,可以深入分析系统的各种性能指标,如能量转换效率、循环寿命等。物理模型能够准确反映储能系统的实际运行情况,为系统的设计和优化提供直观的参考;而数学模型则能够通过通过对系统各组件的数学描述,实现对系统性能的定量分析和预测。利用仿真软件对储能系统集成方案进行验证和优化,可以提高系统的设计效率和运行性能。仿真软件能够模拟储能系统在不同工况下的运行情况,通过对比不同方案下的系统性能,选出最优的集成方案。同时,仿真软件还能够对系统的运行策略进行验证和优化,以提高系统的能量利用效率和响应速度。在建模与仿真过程中,需要充分考虑储能系统的实际运行环境和需求。例如,对于分布式储能系统,需要建立包含可再生能源发电系统、电网系统和储能系统的综合模型;对于大型储能系统,则需要建立包含电池组、变流器、控制系统等组件的详细模型。通过建立准确的模型和进行深入的仿真分析,可以为储能系统的设计和优化提供有力的支持。

结语

储能系统在可再生能源的集成与优化中发挥着重要作用。通过合理的集成策略和优化方法,可以实现可再生能源与储能系统的协同运行和高效利用。未来,随着技术的不断进步和成本的不断降低,储能系统在可再生能源领域的应用前景将更加广阔。同时,需要加强跨学科合作和技术创新,推动储能系统技术的不断发展和完善。

参考文献

- [1]区彩娟.新能源发电系统中储能技术的集成与优化应用研究[J].光源与照明,2024,(10):225-227.
- [2]巨星,徐超,郝俊红,等.新型储能技术进展与挑战Ⅲ:储能集成技术、安全技术和系统规划调度[J].太阳能,2024,(09):39-48.
- [3]董良.新能源电力系统中的储能技术选择与电气集成方案设计[J].高科技与产业化,2024,30(09):32-33.
- [4]张剑辉,钱昊,吕喆,等.储能系统集成技术与工程实践[M].化学工业出版社:2023,(05):362-365.